

MODIFICACIONES DEL CICLO HIDROLOGICO EN UN AREA DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES .ARGENTINA

Eduardo Kruse[?] ; L. Varela^{??} ; P.Laurencena^{??} ; M. Deluchi.^{??} ; A. Rojo^{??} y E. Carol^{???}

([?]) CONICET. UNLP. Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, kruse@fcaglp.unlp.edu.ar.

(^{??})CIC. UNLP Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata

(^{???}) UNLP Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata

RESUMEN

En este trabajo se evalúan las modificaciones del ciclo hidrológico como consecuencia de la urbanización existente en la ciudad de La Plata, en la región Noreste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). A través de la comparación con una zona vecina de características hidrológicas similares, pero sin el fuerte efecto de las actividades del hombre, se analizan las variaciones reconocidas en el escurrimiento superficial, la infiltración, la hidrodinámica e hidroquímica superficial y subterránea. Los resultados obtenidos indican una disminución de la infiltración natural y una aceleración en los procesos de escurrimiento superficial. Como consecuencia de la intensa explotación se ha generado un cono de depresión que ha invertido la relación agua superficial – agua subterránea. Se destaca además una significativa recarga del acuífero a partir de las pérdidas de cañerías y otros drenajes existentes en la zona urbana. Algunas de las alteraciones reconocidas resultan irreversibles, pasando a formar parte del equilibrio ambiental actual y resulta fundamental considerarlas para cualquier planificación futura en el manejo de los recursos hídricos.

Palabras claves: ciclo hidrológico, acción antrópica, modificaciones hidrológicas

INTRODUCCIÓN

El uso de la tierra, la sobreexplotación del agua subterránea y las prácticas de disposición de efluentes y desechos en un medio urbano conducen a modificaciones significativas del ciclo hidrológico tanto en sus términos de cantidad como de calidad. En forma general estos efectos se traducen en la reducción de la infiltración natural de las aguas pluviales, con la consiguiente disminución de la evapotranspiración y el aumento del escurrimiento superficial. Además puede verse deteriorada la calidad química por vertidos de efluentes en el agua superficial, disposición de desechos y contaminación del agua subterránea.

Hasta hace pocos años se aceptaba que las zonas urbanas reducían la cantidad de recarga al agua subterránea debido a la impermeabilización de las superficies. Sin embargo, las pérdidas de las cañerías de aprovisionamiento de agua, de los drenajes pluviales y cloacas pueden incrementar la alimentación a los acuíferos (Lerner 2002).

En este trabajo se analizan las consecuencias de la urbanización en la cuenca del Arroyo Del Gato que ocupa parte de la ciudad de La Plata, en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). A su vez se la compara con una cuenca vecina ubicada en el área rural, en la cual los efectos de las actividades del hombre son de una significación menor.

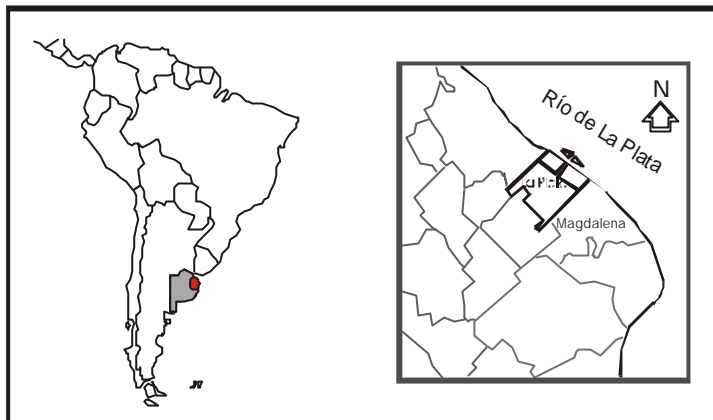


Figura 1: Ubicación del área de estudio

CARACTERISTICAS DEL AREA

La ciudad de La Plata, fundada en 1882, es atravesada en su sector suroeste por la cuenca del arroyo del Gato, cuya desembocadura se produce en el Río de La Plata. La población ha tenido desde 1885 un abastecimiento público de agua potable provisto por el recurso subterráneo. A partir de 1955 este servicio se refuerza con aguas superficiales (Río de La Plata) mediante un acueducto de 9 km de longitud. Actualmente el abastecimiento es conjuntivo con un aporte similar de aguas superficiales y subterráneas, siendo cada uno de ellos del orden de 200.000 m³/día.

Los últimos datos censales (2001) indican una población de 569.696 habitantes, reconociéndose un crecimiento de 5,2% entre 1991 y 2001. Este crecimiento se localizó en áreas periféricas, ya que en el casco urbano hubo una reducción de un 12,9% de la población. La actividad industrial (1999) refleja la existencia de 910 industrias, siendo los rubros más destacados el alimenticio, metálica básica, maquinarias y vehículos automotores.

La cuenca alta del arroyo se desarrolla en un área suburbana con baja densidad poblacional, donde prevalecen actividades primarias (horticultura y floricultura) y unas pocas industrias. En la cuenca media, hay un incremento significativo de la urbanización y de la densidad de población, además de un mayor número de industrias, actividades de servicios y barrios de viviendas precarias instalados próximos al cauce del arroyo. La cuenca inferior corresponde al sector donde el curso, una vez que abandona el área urbana, corre encauzado por un canal que atraviesa una zona con escasa población.

CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO

El arroyo del Gato es un curso típico de llanura (pendiente topográfica del orden de 0,1%) y su cuenca se desarrolla entre los 0 y 25 msnm. Se distinguen dos ambientes morfológicos de importancia, uno de ellos denominado Zona Interior y el otro Planicie Costera (Fidalgo y

Martínez; 1983) (Figura 2). El primero comprende a la cuenca superior y media del arroyo, extendiéndose entre 5 y 25 msnm. En estos sectores los suelos son de buena calidad y bien drenados (Giménez et al, 1992), predominando los procesos de infiltración. En la planicie costera las alturas están en un 90% por debajo de los 3 msnm y constituye un ámbito de descarga parcial del sistema subterráneo.

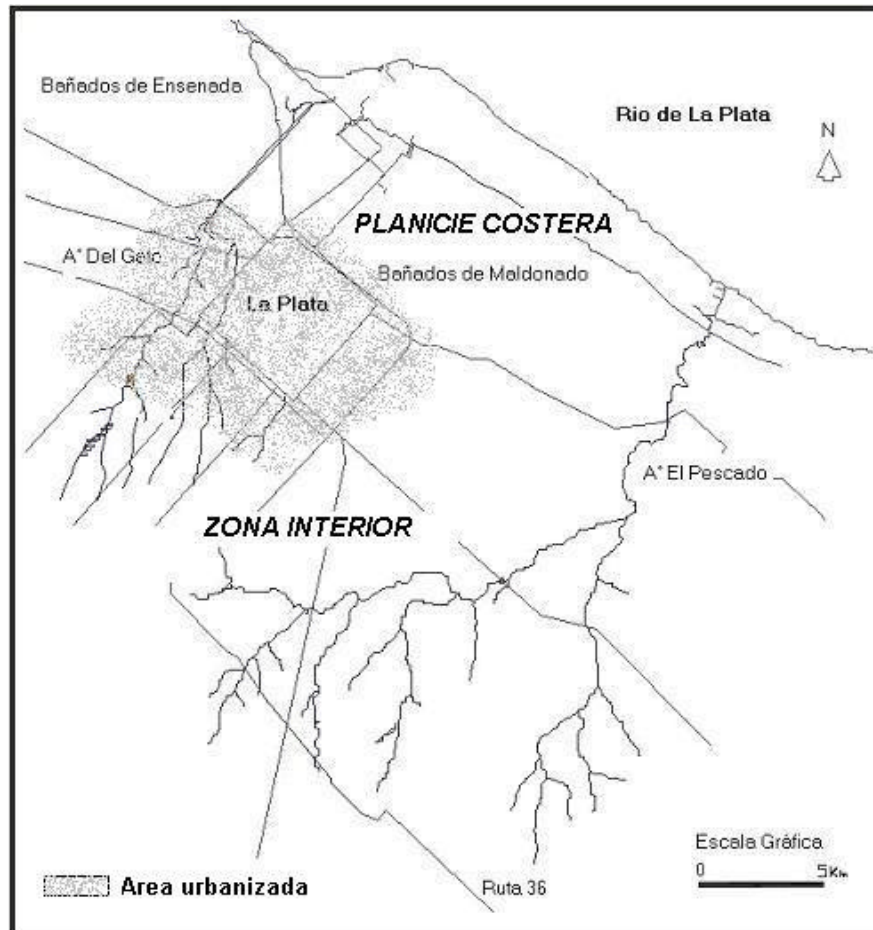


Figura 2: Cuencas del Arroyo El Pescado y del Gato

En el esquema hidrogeológico adquieren importancia práctica dos unidades: ‘Arenas Puelches’ y ‘Sedimentos Pampeanos’ (Sala 1975). Estas unidades presentan una alternancia de secciones productivas separadas por sedimentos de menor permeabilidad que conforman un acuífero multiunitario. El nivel superior conocido como Pampeano está integrado por limos, y en forma subordinada por arenas y arcillas de color castaño rojizo, presentando con frecuencia concreciones o bancos de carbonato de calcio. Su espesor es del orden de 50 m y la transmisividad es de alrededor de 200 m²/día. Este nivel incluye a la capa freática, cuya profundidad, en condiciones naturales, varía entre 5 y 10 metros. Por debajo del Pampeano se sitúan las Arenas Puelches que representan al acuífero más importante del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Se trata de una secuencia de arenas cuarzosas finas a medianas, con un tamaño de grano que aumenta en profundidad. El espesor es de aproximadamente 20 m y la transmisividad media de 500 m²/día.

CONDICIONES NATURALES DEL CICLO HIDROLOGICO

Con el objeto de evaluar las modificaciones del ciclo hidrológico en esta región fuertemente afectada por las actividades del hombre, se realiza un análisis comparativo con una cuenca vecina de similares características hidrológicas, pero sin el efecto de la acción antrópica. Se trata de la cuenca del Arroyo El Pescado, en la cual el rasgo morfológico llano favorece el predominio de los movimientos verticales del agua (infiltración-evapotranspiración) sobre los movimientos horizontales (escurrimientos) existiendo además una estrecha interrelación entre las aguas superficiales y subterráneas.

El comportamiento hidrológico surge de la evaluación del balance hidrológico en sus términos medios. La precipitación media es de 1061 mm/año (período 1901 – 2002). La evapotranspiración real obtenida a partir del balance hídrico a nivel del suelo (Thorntwaite y Matter, 1955) se estima en 783 mm/año. El escurrimiento fluvial alcanza a 53 mm/año, mientras que la infiltración a 225mm/año.

El análisis de tormentas ha permitido estimar, de acuerdo a la metodología de Soil Conservation Service (1975) que el escurrimiento superficial para eventos lluviosos significativos (precipitación superior a 120 mm y de cinco días de duración) varía entre el 1 % y el 60 % de la precipitación. El menor escurrimiento se corresponde con un estado de humedad del suelo muy seco, mientras que los valores mayores con condiciones antecedentes muy húmedas.

El Arroyo El Pescado presenta un carácter efluente con respecto a las aguas subterráneas en todo su recorrido. En esta cuenca no existen explotaciones intensivas que extraigan agua subterránea del sistema. El análisis de las series freáticas muestra claramente las variaciones temporales de las reservas de aguas subterráneas ante las oscilaciones meteorológicas. La disminución de la capacidad de almacenamiento subterráneo reflejada en cambios freáticos coincide con el incremento de la lluvia y con los mayores excesos de agua, que se ponen en evidencia en los balances hidrológicos. La estimación de la recarga en períodos diarios dan valores que varían entre el 20 % y el 65 % de la precipitación (Laurencena et al 2002) relacionados con eventos de lluvias superiores a 150 mm y de cinco días de duración, asociados a excesos hídricos importantes para condiciones antecedentes del suelo secas.

El análisis de los niveles freáticos demuestra que en un período particularmente húmedo (Feb/89 - Nov/91) los excesos hídricos superan en 98 mm al valor medio, estimándose entonces en este período una infiltración de 323 mm/año.

La recarga del nivel acuífero Puelche es autóctona indirecta a través del Pampeano mediante filtración vertical descendente, siendo la recarga de este último de origen meteórico. La descarga subterránea local se produce en los arroyos de la cuenca y la regional en el Río de la Plata.

La composición química predominante del agua freática es bicarbonatada sódica con salinidades que oscilan entre 370 y 1600 mg/l, evolucionando a clorurada sódica con 8.000 mg/l en la zona de descarga regional (planicie costera).

El agua superficial del arroyo presenta la misma composición con tenores salinos menores, variando entre 400 mg/l en la cuenca alta a 950 mg/l en la planicie costera. Se destaca un incremento progresivo de la salinidad y particularmente de los contenidos de cloruros hacia desembocadura, lo cual es una evidencia más de la descarga de las aguas subterráneas en el curso. (Kruse, 2003)

PARTICULARIDADES DEL AREA URBANIZADA

La cuenca urbana del Arroyo del Gato presenta modificaciones en cuanto a los volúmenes y movimientos preferenciales del agua en el ciclo hidrológico, como así también en la interrelación agua superficial – agua subterránea.

La región se caracteriza por su homogeneidad climática, de modo que no son esperables variaciones significativas en cuanto a la precipitación y temperatura. Los valores promedios de precipitación son similares para ambas cuencas y en la evolución temporal se observa una alternancia de períodos secos y húmedos.

Dado los escasos datos meteorológicos existentes (dos estaciones con registros), no se tienen evidencias para atribuir el leve incremento registrado en la temperatura media anual (entre 15,8 °C en 1988 y 16,8°C en 2002) a los efectos de la urbanización del área. Por lo tanto es posible suponer una evapotranspiración potencial similar para ambos sectores. La existencia de zonas impermeabilizadas disminuye la disponibilidad de agua en el suelo para alimentar a la evapotranspiración real y por lo tanto se puede definir un incremento importante en los excesos de agua del balance hídrico que se traducen en incremento y aceleración en la respuesta del escurrimiento superficial, además de un aumento en la magnitud de los caudales en tormentas. Debe destacarse que el régimen actual del arroyo se caracteriza por presentar importantes crecidas de corta duración (1 ó 2 días), favorecidas por dicho escurrimiento desde la zona urbana.

El escurrimiento superficial en el área urbanizada, para los mismos eventos citados en la cuenca del arroyo El Pescado (lluvias de 5 días de duración y mayores a 120 mm), oscila entre 23 % y 90 % del total precipitado. Los valores menores se corresponden con condiciones de humedad antecedente secas y los mayores a condiciones húmedas. Estas magnitudes permiten deducir en el balance hidrológico una disminución de los excesos con capacidad de infiltrarse naturalmente.

En este sector, el nivel acuífero Puelche está sometido a una sobreexplotación, lo cual ha generado un descenso de la superficie piezométrica con la formación de un cono de depresión cuya superficie supera los 70 km². Dada la vinculación hidráulica existente esta profundización de niveles también afecta a la capa freática. La explotación de agua subterránea impone un régimen que depende principalmente de las variaciones en los volúmenes extraídos. La expansión de conos de depresión produjo la inversión de los gradientes hídricos naturales de los niveles freáticos. Como consecuencia de ello se ha modificado la relación natural entre el agua superficial y el agua subterránea, destacándose para las condiciones actuales en la cuenca alta y media, el carácter manifiestamente influente del curso con respecto a la capa freática.

El volumen medio extraído de agua subterránea es de 73 Hm³/año. Si se tiene en cuenta la afluencia de agua subterránea hacia el cono de depresión y de acuerdo a la configuración del mapa de flujo subterráneo y las propiedades hidráulicas del acuífero se estima que el aporte del acuífero significa aproximadamente el 70% (51 hm³ /año) de lo extraído para el abastecimiento a la población. (Facultad de Ingeniería 1995). El resto sería aportado fundamentalmente por la infiltración derivada de pérdidas en las cañerías de colectores pluviales, de los sistemas de redes de abastecimiento, de los desagües cloacales y del riego urbano. Ello significa valores del orden de 22 hm³ /año(314 mm/año). De modo que la evolución en la expansión de los conos de depresión dependerá de la descarga por bombeo y del equilibrio existente entre este volumen de agua y el aporte del acuífero.

El agua subterránea en este caso, también presenta características bicarbonatadas sódicas. La salinidad varía entre 450mg/l y 1600 mg/l en las zonas de recarga, evolucionando a clorurada sódica con tenores salinos que alcanzan los 10000 mg/l, con cloruros del orden de

2000 mg/l y sulfatos con valores extremos superiores a 3000 mg/l en la zona de descarga.

El mismo tipo de agua bicarbonatada sódica caracteriza al agua superficial de los arroyos, aunque presenta concentraciones oscilantes a lo largo de su recorrido, sin una tendencia evolutiva normal. La salinidad varía entre valores de 150 mg/l y 800 mg/l., presentando una coloración elevada y altos contenidos de sustancias en suspensión, producto de vertidos (efluentes industriales, cloacales, etc) de las actividades que realiza el hombre en la zona. El grado de contaminación se comprueba por la alta concentración de fósforo (mayor a 0,25 mg/l de PO_4^-), de sustancias orgánicas y algunos pesticidas.

Dado que en este caso existe un flujo desde el arroyo hacia el agua subterráneas, los contaminantes mencionados pueden escurrir hacia el acuífero freático, sufriendo los procesos modificantes que cada uno de los compuestos presentan en el flujo por un medio poroso. Además debe considerarse un factor de dilución dado por la relación entre el volumen aportado por el arroyo y el volumen que escurre por el acuífero. De acuerdo a dichos factores será el grado de afectación que se puede detectar en las características químicas del agua en los pozos vecinos al arroyo.

CONCLUSIONES

La zona urbana comparada con el área no afectada por la actividad del hombre presenta modificaciones en cantidad y calidad en los componentes del ciclo hidrológico y en la interrelación agua superficial – agua subterránea.

Las zonas impermeabilizadas disminuyen la disponibilidad de agua en el suelo para alimentar a la evapotranspiración real y por lo tanto existe un incremento significativo en los excesos de agua que se traducen en aceleración del escurrimiento superficial, aumento en la magnitud de los caudales y disminución en las posibilidades de infiltración a partir del agua meteórica.

El nivel acuífero Puelche, sometido a una fuerte explotación, ha generado un descenso de la superficie piezométrica que también afecta a la capa freática. El régimen subterráneo depende principalmente de las variaciones en los volúmenes extraídos. Se ha modificado la relación natural entre el agua superficial y el agua subterránea, reconociéndose el carácter influente del curso con respecto a la capa freática.

De acuerdo a la configuración del mapa de flujo subterráneo y las propiedades hidráulicas del acuífero se estima que la infiltración derivada de pérdidas en las cañerías de colectores pluviales, de los sistemas de redes de abastecimiento, de los desagües cloacales y del riego urbano alcanza a 314 mm/año (30% del volumen extraído).

El agua superficial presenta concentraciones oscilantes de salinidad (entre 150 y 800 mg/l) a lo largo de su recorrido. El grado de contaminación se comprueba por la alta concentración de fósforo, de sustancias orgánicas y algunos pesticidas. Dado que existe un flujo desde el arroyo hacia el agua subterránea, los contaminantes pueden afectar al acuífero freático, especialmente en los pozos vecinos al arroyo.

En la planificación del manejo de los recursos hídricos se debe tener en cuenta que las modificaciones existentes en el régimen de las aguas superficiales y subterráneas forman parte de un equilibrio ambiental actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

FACULTAD DE INGENIERIA (1994). *Plan Director de Agua potable y Cloacas para el Conurbano Bonaerense*. Universidad Nacional de La Plata. Informe Interno. La Plata. Buenos Aires.

- FIDALGO, F. y MARTINEZ, R. (1983). *Algunas características geomorfológicas dentro del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires*. Revista Asociación Geológica Argentina, XXXVIII (2), 263 - 279. Buenos Aires.
- GIMENEZ J.; HURTADO M.; CABRAL M. y DA SILVA M. (1992). *Estudio de suelos del Partido de La Plata*. Consejo Federal de Inversiones – Universidad Nacional de La Plata. Informe Final. La Plata.
- KRUSE, E.; LAURENCENA, P.; DELUCHI, M.; VARELA, L.; ALBINA, L. y ROSALES, E. (2003). *Relación hidroquímica superficial – subterránea en cuencas de llanura. Noreste de la provincia de Buenos Aires*. III Congreso Argentino de Hidrogeología 2003 y I Seminario Hispano-Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Rosario, Argentina. En prensa.
- LAURENCENA, P.; VARELA, L.; KRUSE, E; ROJO, A. y DELUCHI, M. (2002) *Características de las variaciones freáticas en un área del Noreste de la Provincia de Buenos Aires*. Groundwater and Human Development. Bocanegra, E., Martínez, D, Massone, H. (Eds) 2002. ISBN 987-544-063-9. Pág: 547- 552. Mar del Plata.
- LERNER, D. (2002). *Identifying and quantifying urban recharge: an review*. Hydrogeology journal . Vol. 10 Num.1:143-152.
- SALA, J. M. (1975). *Recursos Hídricos. Especial Mención de las Aguas Subterráneas*. Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires. V Congreso Geológico Argentino. Buenos Aires.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. (1975). *Urban hydrology for small watersheds*. Tech. Rel. N. 55. U.S. Dept. of Agriculture. Washington, D. C.
- THORNTHWAITE C.W. Y MATHER J.R. (1955). *Instruction and tables for computing the potential evapotranspiration and the water balance*. Climate Crewel Inst. of Technology. 10(3).
- VARELA, L.; LAURENCENA, P.; KRUSE, E.; DELUCHI, M y ROJO A. (2002) *Reconocimiento de la relación aguas superficiales - aguas subterráneas en la cuenca del arroyo del Gato. Buenos Aires*. Groundwater and Human Development. Bocanegra, E., Martínez, D, Massone, H. (Eds) 2002. ISBN 987-544-063-9. Pág: 1334-1341. Mar del Plata.